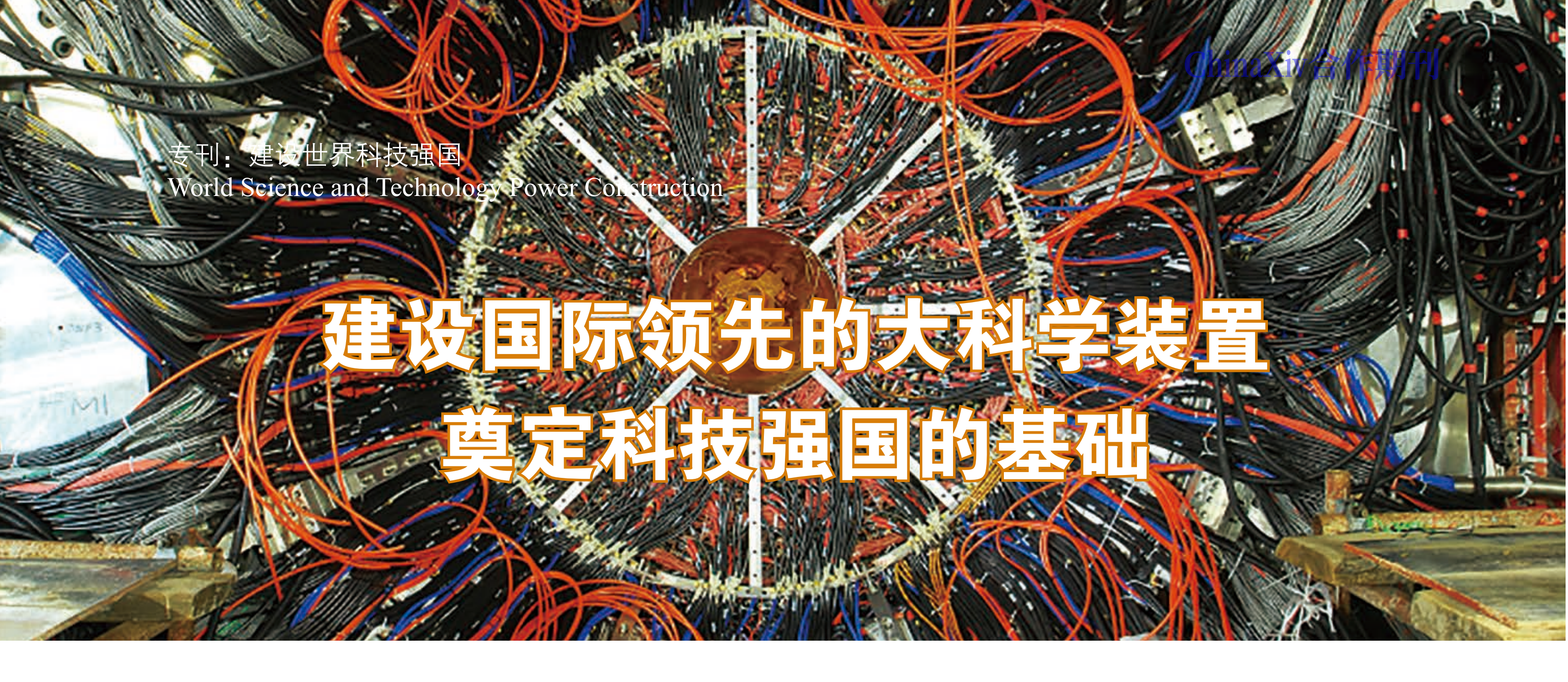


建设国际领先的大科学装置 奠定科技强国的基础



王贻芳

中国科学院高能物理研究所 北京 100049

摘要 基础科学研究的能力建设及大科学装置对我们获得世界领先的科学成果、发展引领世界的关键技术、培养在科学上和技术上全面发展的人才具有极为重要的意义，对国家的未来发展是必不可少的。文章讨论了建设引领世界的大科学装置的必要性，目前存在的一些问题，及解决问题的一些建议。

关键词 基础科学，大科学装置，国际合作，科技强国

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2017.05.006

中华民族的伟大复兴，离不开科技。而“两个一百年”的宏伟目标，呼唤我们的科学技术事业应有一个重大跨越。2013年7月17日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平到中科院考察工作，并对中科院未来发展提出了“四个率先”的更高要求。中科院为此提出了“率先行动”计划，要建设世界一流的科研机构，取得世界一流的科研成果。实现这些目标和要求，离不开基础能力建设。能力提高了，出成果是水到渠成的事。能力不强，即使偶尔能出一些重大成果，也不能持久，更不能使我们长期处于领先地位。

1 大科学装置建设是国家基础能力建设的重要组成部分

基础能力建设的一个重要方面是重大基础科学设施，有时也称大科学装置。一般而言大科学装置可以分为三类：（1）基础科学专用装置。比如我国的正负电子对撞机，聚变堆、专用空间科学卫星、天文望远镜等。这类装置具有特定

*修改稿收到日期：2017年5月8日

的科学目标，是开展科学研究必不可少的手段。（2）应用型公共平台。比如同步辐射与自由电子激光装置、散裂中子源等。这类装置的技术大部分来源于基础科学专用装置，如用于高能物理中的加速器等，为凝聚态物理、材料、环境、地质、生物等各方面的研究提供手段。（3）公益性服务设施。比如授时台、卫星地面站等，为社会上的各方面需求提供保障。

大科学装置的一个关键特点就是其主要设备应该是自行研制的。用买来的通用设备也可以堆砌成一个大的科学装置，但不是我们这里要讨论的范畴，也不是国家应该大力推进和发展的，以下讨论对此忽略。

大科学装置科学目标明确，应用范围广泛，投入规模大，技术先进，可以产出重大成果，对学科发展具有重大的引领和带动作用，还有一些溢出效应如重大技术的积累、突破和推广应用，国际合作与技术引进，关键技术人才的培养，企业技术水平与研发能力的提高等，因此在国家创新体系的建设中占有突出的位置。最近国家批准建设的北京和上海两个科创中心，大科学装置均是其中的核心。党的十八届五中全会十分适时地提出了未来一段时期我国科技事业的三项重大任务：“实施一批国家重大科技项目，在重大创新领域组建一批国家实验室，积极提出并牵头组织国际大科学计划和大科学工程。”这表明了国家对这个问题的充分认识，实际上也指出了未来发展的路径。

2 国内外大科学装置建设的现状

从国际上来看，发达国家在“二战”以后均投入巨资，建设各类大科学装置，像大家熟知的哈勃望远镜、欧洲核子中心的大型强子对撞机、美国的引力波实验装置（LIGO）、日本的超级神冈中微子探测器等。这些高达几十亿美元的投资，带来了科学上的丰硕回报，包括近年来大家获悉的希格斯粒子的发现、引力波的发现等。同时这些装置也引领了技术的发展，一个最著名的例子是欧洲核子中心为解决科学家之间的数据共享问题而发明的万维网，发明者蒂姆·伯纳斯·李最近刚刚获得图灵奖。国际上对大科学装置的投入产出比有一些研究，比如用于高能物理研究的大型加速器类装置，一般公认在大约 1∶3 左右[1-4]，即投入 1 元，产出 3 元。

在国内，自 20 世纪 80 年代末的北京正负电子对撞机开始，我们建成了一系列大科学装置，获得了一些具有重大国际影响的科学成果。这些装置的建设，使我们在科学与技术上大大缩小了与国外的差距，从完全学习，到能够自主研制，并在某些方面能并驾齐驱，甚至一定程度的领先。围绕这些装置，也建成了一些科学与技术中心，发挥了辐射、示范、引领及推动作用，并且成为极为重要的人才培养基地。但与发达国家相比，整体上我国的大科学装置还处于追赶阶段，技术上原创不多，规模上只有发达国家的十分之一，重大科学成果还不是太多。

3 我国大科学装置建设路向何方?

由于大科学装置经费规模大，技术复杂，国内外均有一些不太成功的先例，可以说是高风险、高收益。这就使得一些大科学装置常常成为

大家关注的焦点，围绕其立项、设计、建设也有一些异议。特别是如果我们想要赶上世界先进水平，达到甚至超过发达国家目前的投资水平和技术水平的时候，这种议论尤其激烈。特别是大科学装置从规划、设计、建设直到使用常常需要二三十年，因此为了实现“两个一百年”目标，我们必须从现在开始研讨：我国未来大科学装置的目标是什么？是否为国际领先？如何建设国际领先的大科学装置？过去都有哪些成功经验、问题与教训？应该规划建设哪些大科学装置？能有哪些重大成果和技术突破？能否达到国际领先的目标？建成后在科学界的地位是什么？为更好地规划、设计、建设我国的大科学装置，避免过去的一些问题，更好地实现“两个一百年”的宏伟目标，下面提一些粗浅建议，希望能抛砖引玉，吸引更多的有识之士参加讨论。

建设大型科学装置，首要一条是项目的规划与选择。首先应承认与国际先进水平的差距，无论是在技术、经验、人才、科学研究的整体水平上，还是在投入和风险意识上。在此基础上要寻找突破口：从哪里突破？是要一步追求国际领先还是先稳妥地建设国内基础？什么样的投资规模是合适的？纯基础科学的项目值得吗？我们愿意承受多大的风险？怎样寻找投资规模合适（不太大）、技术上可行又有重大科学意义的项目？这样的项目存在吗（是否早被别人干完了）？应该说肯定没有人能给出标准答案，每个领域、每个项目的基础、条件、环境都不一样，回答这些问题的侧重点就不会一样。因为我们是后来者，有优势也有劣势。优势是前面有榜样，技术、失误可以借鉴，装置本身的建设可以比较容易成功；劣势是科学上不容易找到一个空白点去领先，很容易没有重大成果，只是技术、装置上的少许改进与提高。事实上我们已经看到这样的现象在国内存在。如果是平台或公益型项目，还问题不大，如果是纯基础研究型的项目就会引起大家议论。其实这类问题在立项之初，如果把投资、技术、科学的关系理清楚，并经过充分讨论的话，就不会引起歧义。问题是由于各种原因和利益纠葛，这往往会很难。世界各国其实都有类似的问题。解决的办法是国际合作，不同国家的人一般没有具体的利益纠葛。目前世界各国纯基础研究的大科学装置，比如天文、高能物理等方面都要求有国际投入。世界各国科学家的全力投入、不同国家的评审程序、国际性的视野和评估使项目的重要性、可行性及成功的可能性大大提高，所有参与项目的人也会在国际平台上得到锻炼、检验和提高。建议有关部门将国际投入作为一个基本条件，来评估和实施基础科学专用的大科学装置，至少要使评审国际化。目前我们中科院高能物理所的基础科学专用装置，如高海拔宇宙线观测站（LHAASO）、江门中微子实验（JUNO）及未来的空间宇宙线探测装置（HERD）、环形正负电子对撞机（CEPC）等都要求有约10%—30%的国际投入——不吸引人的项目是很难有国际投入的。

总体来说，目前我国大科学项目在规模上与发达国家相比，还有10倍以上的差距，在有些研究领域还是空白，未来我们应该很好地规划并实施以下措施：（1）填补空白。主要是通过参加国外项目的方式，迅速达到国际前沿。（2）寻找空挡，开展有国外参与的国内项目，争取

“点”的领先。（3）发起国际大科学工程，再接再厉，逐步实现全面领先。作为一个科技强国，我们一定要在某些领域，能跟别人正面竞争，而不是总是寻找空挡。

为实现这些目标，建议：（1）加强对参与国外项目的支持；（2）加强国内项目的国际化；（3）培育能全面领先国际的领域和项目。

在大科学工程项目的建设上，自北京正负电子对撞机以来，中科院的科学家、工程师和管理人员积累了丰富的经验和一整套管理体系，具有很强的针对性和可操作性。与发达国家相比，我们的体系更加实事求是，官僚主义更少，有更好的效率，更低的人员、设备和管理成本。我们不应妄自菲薄，老觉得自己不如别人。虽然技术积累较少，有经验的技术人员不足，但我们有世界上最年轻、最有活力的一支队伍，在有关项目的锻炼下，很快就会超过国际上的同龄人。当然我们还存在很多不足，还需要继续引进人才，填补空白，培育国内企业，发展和积累关键技术。相信只要我们有足够的投入，有正确的项目，我们一定能走到世界最前列。

参考文献

1 John Womersley. Impact of the Tevatron on Technology and Innovation. [2012-06-11]. http://www.fnal.gov/pub/tevatron/files/120611Womersely.pdf.

2 http://uchicago.edu/research/economic-impact.shtml.

3 野村综合研究所: ILC的经济波及效果. [2017-05-03]. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/038/gaiyou/1357655.htm.

4 OECD. The Impacts of Large Research Infrastructures on Economic Innovation and on Society: Case Studies at CERN.[2017-05-06]. http://www.oecd.org/sti/sci-tech/CERN-case-studies.pdf.

Build World-leading Large Scientific Facilities, Lay Foudation for a Powerful Country in Science

Wang Yifang

（Instiute of High Energy Psysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China）

Abstract Building our capabilities on Basic Science research and large science facilities are extremely important for obtaining world-leading scientific results, developing world-leading key technologies, and cultivating world leaders on science and technology. It is fundamental for the country. This article discusses the necessity to construct world-leading large science facilities, the current issues, and the suggestions to solve them.

Keywords basic science, large science facilities, international collaboration, science and technology power

王贻芳 中科院高能物理所所长，中科院院士，第三世界科学院院士，俄罗斯科学院外籍院士。获基金委“杰出青年基金”，入选首批中组部“万人计划”杰出人才。获国家自然科学奖一等奖、周光召基础科学奖、何梁何利科技进步奖、潘诺夫斯基实验粒子物理学奖、“日经亚洲奖”、基础物理学突破奖、庞蒂科夫奖等。他领导了北京谱仪（B ESIII）实验、大亚湾中微子实验和江门中微子实验。发表科学论文300余篇，主编著作2部，获发明专利2项。E-mail: yfwang@ihep.ac.cn

Wang Yifang Director of the Institute of High Energy Physics (IHEP), Chinese Academy of Sciences (CAS). He led the design, construction and science effort of the BESIII experiment at the Beijing Electron-Positron Collider as the project manager and spokesperson. He initiated the Daya Bay reactor neutrino experiment in China and led its design, construction and science effort. He is now leading the JUNO experiment. He has published more than 300 papers and is a recipient of the Breakthrough Prize in Fundamental Physics, Panofsky Prize for Experimental Particle Physics, Pontecorvo Prize, the Nikkei Asia Prize for Science, Technology and Environment, and Zhou Guangzhao Foundation Award for Basic Sciences. He is an academician of CAS, member of the World Academy of Sciences for the Advancement of Science in Developing Countries, and a foreign member of Russian Academy of Sciences. E-mail: yfwang@ihep.ac.cn